

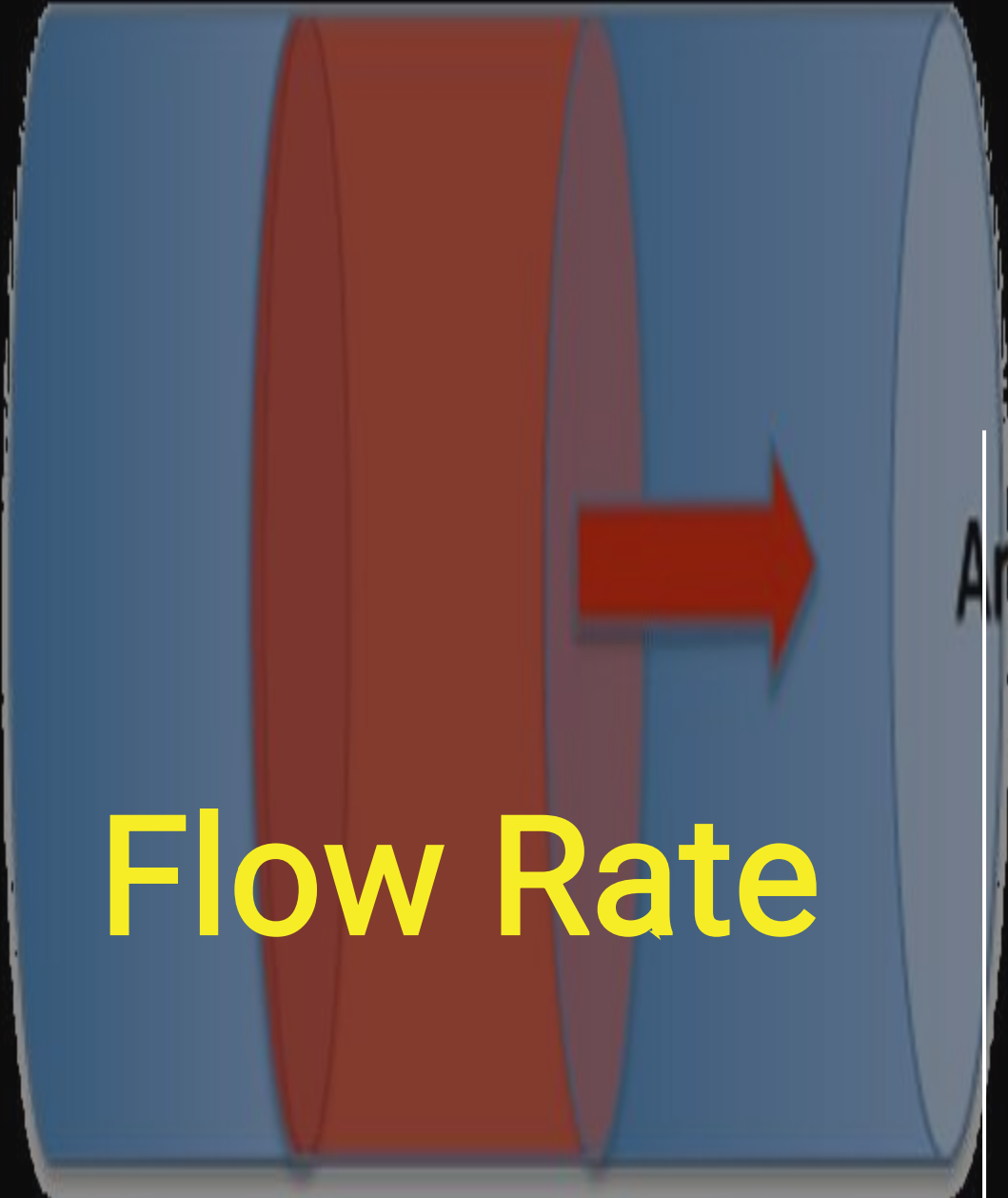
$$\text{Bulk Flow (Q)} = A \times V$$



Namatek

True Education

Average
Velocity (V)



www.namatek.com

Flow Rate

دبی جریان

فهرست مطالب

۱. تعریف دبی جریان
۲. روش اندازه گیری حجمی دبی جریان آب
۳. مشخصه جریان
۴. دبی جریان و رابطه آن با سرعت
۵. پايستگي جرم

دبی جریان از مفاهيم مهم و کاربردی در علم سيالات می باشد؛ اما چگونه می توان آن را اندازه گیری کرد؟ دبی جریان از چه قوانینی تبعیت می کند؟ در ادامه با مفهوم دبی جریان، روش های اندازه گیری و معادلات حاکم بر آن و الگوهای جریان و بسیاری مفاهيم مهم دیگر که دانستن آن ها الزامی است را به شما خواهیم گفت.

تعريف دبی جریان



دبی یا آبدهی به مقدار آبی که در یک ثانیه از یک منبع آب مانند چاه، چشمه، قنات، رودخانه، کانال و غیره جریان پیدا می کند گفته می شود که با حرف Q نشان داده می شود. واحد های دبی جریان آب در سیستم متریک را به صورت متر مکعب بر ثانیه، متر مکعب بر ساعت یا لیتر بیان می کنند.

از واحد متر مکعب بر ثانیه برای دبی های زیاد مثل کانال های بزرگ و رودخانه ها استفاده می شود؛ ولی واحد لیتر بر ثانیه برای جریان های آب چاه ها و آبی که وارد نشتی ها می شود به کار می رود.

روش اندازه گیری حجمی دبی جریان آب

در روش حجمی مستقیماً حجم آب جریان یافته را از منبع آب بر حسب واحد حجمی در زمان معین اندازه گرفته و بعد دبی را در واحد زمان محاسبه می کنیم. برای این کار به وسایل زیر نیاز دارید.

۱. کرنومتر

۲. ظرفی که حجمش مناسب با میزان دبی باشد و حتی ممکن است از یک ظرف کوچک تا یک بشکه تغییر پیدا کند.

حالا برای انجام آزمایش ابتدا حجم ظرفمان را محاسبه می کنیم و بعد جریان منبع آب را وارد ظرف می کنیم بعد زمان لازم برای پر شدن ظرف را با کرنومتر اندازه می گیریم و بعد دبی جریان آن از طریق فرمول زیر به دست می آید.

$$Q = \frac{v}{t}$$

که در این فرمول منظور از

- Q دبی بر واحد لیتر در ثانیه

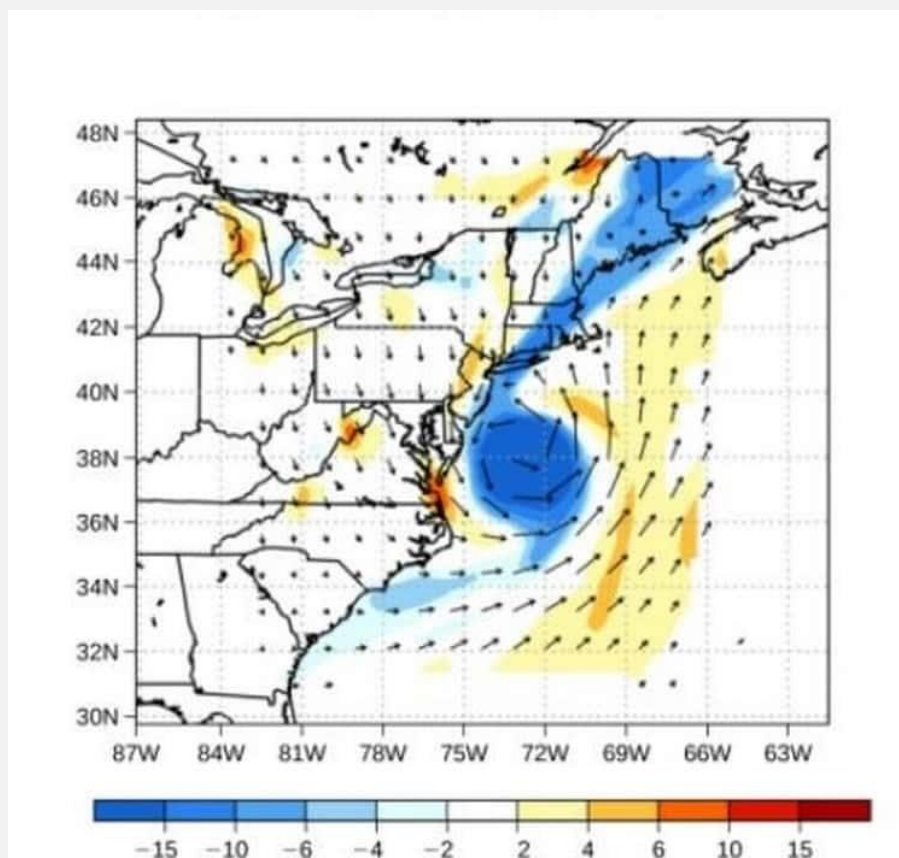
- V حجم ظرف بر واحد لیتر

- t زمان پر شدن ظرف بر واحد ثانیه

می باشد.

مشخصه جریان

یکی از کاربردهای بردارهای سرعت، تحلیل انواع مختلف جریان ها در مکانیک سیالات است. برای مثال نحوه توزیع جریان های باد را می توان با نشان دادن بردار های سرعت آن در هر نقطه نشان داد. در شکل زیر می توانید بردار های سرعت مربوط به طوفان سال ۲۰۱۴ را مشاهده کنید.



یکی دیگر از راه هایی که می توان نحوه حرکت سیال ها را نشان داد استفاده کردن از خطوط جریان است. خط جریان نشان دهنده حرکت یک جز از سیال است که مسیر مشخصی را طی کرده است. باید به این نکته توجه کرد که همیشه بردار سرعت سیال به خط جریان مماس است. در واقع می توان شکل خط جریان را با داشتن کانتور بردار های سرعت حدس زد.



شما در شکل بالا می توانید بردار های سرعت مربوط به دو نوع جریان مختلف را ببینید. در شکل سمت چپ جریانی لایه را می بینید که در این جریان لایه ها به صورت موازی با هم حرکت می کنند و در یکدیگر مخلوط نمی شوند؛ ولی در شکل سمت راست لایه ها مومنتوم بیشتری دارند و به این علت لایه های سیال با هم مخلوط می شوند و به صورت توربولانس در می آید.

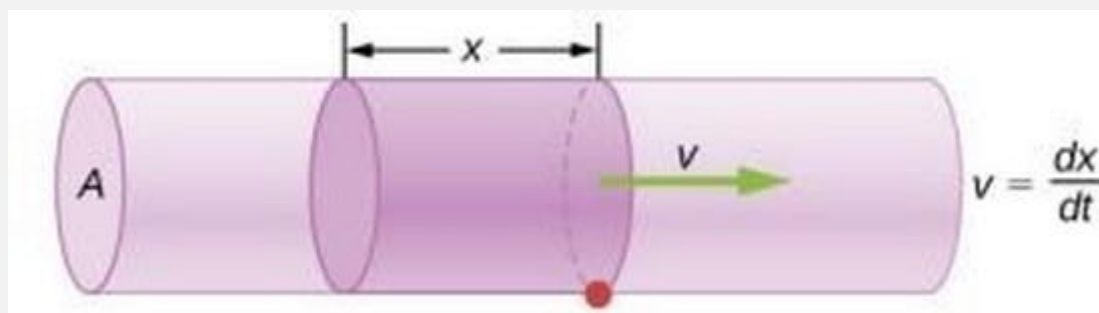
دبی جریان و رابطه آن با سرعت

دبی جریان به زبان ساده تر می شود حجم جریان عبوری از یک مجرا، در زمانی مشخص که همان طور که گفته شد با حرف اختصاری Q نمایش می دهند. بنابر این مقدار لحظه ای دبی جریان برابر است با:

$$q = \frac{dV}{dt}$$

در فرمول بالا V نشان دهنده حجم و T مدت زمان است.

در شکل زیر مشاهده می کنید که حجم بخشی از استوانه به طول x برابر با Ax است.



و مقدار دبی جریان برابر است با:

$$Q = \frac{dV}{dt} = \frac{d}{dt}(Ax) = A \frac{dx}{dt} = Av$$

نکته ای که باید به آن توجه کرد این است که v نشان دهنده سرعت ولی V نشان دهنده حجم است.

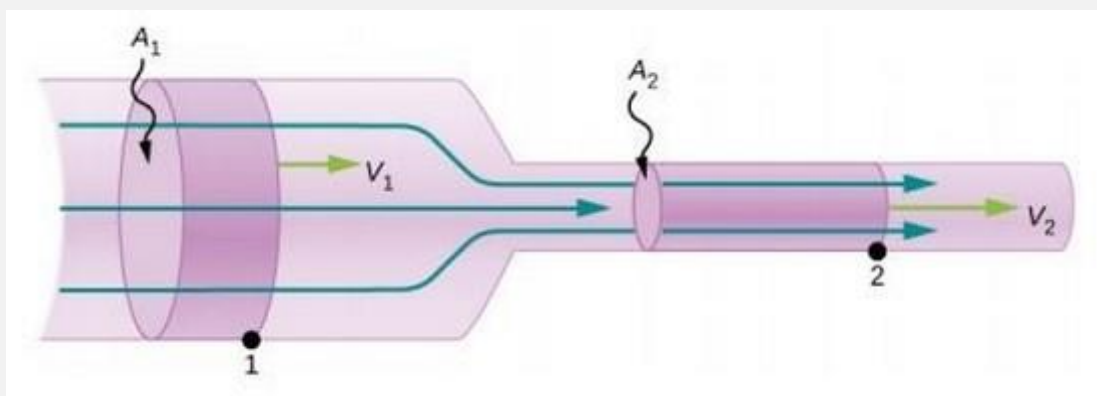
واحد SI دبی جریان m^3/s در نظر گرفته شده است ولی از واحد دیگری مثل لیتر بر دقیقه و گالن بر ثانیه هم برای این کمیت استفاده می شود. در آخر می توان فرمول ساده را برای محاسبه دبی جریان به صورت بیان کرد:

$$Q = Av$$

در این فرمول بالا مساحت A و سرعت v ثابت بوده و با گذشت زمان تغییر نمی کنند. طبق این رابطه ما متوجه می شویم که ثابت بودن هر یک از کمیت های فوق و افزایش کمیت بعدی اندازه دبی جریان نیز زیاد می شود.

رابطه دبی جریان با سرعت برای سیال تراکم ناپذیر

در مثال هایی که با سیالی تراکم ناپذیر روبه رو هستیم مقدار مجموع ورودی های یک مجرا با مجموع دبی در خروجی آن ها برابر خواهد بود. برای این که بهتر این موضوع را متوجه شویم لوله زیر را در نظر بگیرید.



فرض را بر این بگذارید که آبی با دبی مشخصی (Q_1) به این لوله وارد می شود. با توجه به این که سیال تراکم ناپذیر است می توان گفت که مقدار

دبی ورودی برابر با مقدار دبی خروجی است. بنابراین برای این مجرا می توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$Q_1 = Q_2$$
$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

به فرمول بالا فرمول پایستگی گفته می شود. البته شکل این معادله برای سیالات قابل تراکم متفاوت است. اگر قبلا تجربه کرده باشید اگر لوله یا مجرای آب را فشار دهید سطح مقطع کاهش یافته و سرعت سیال افزایش پیدا می کند.

مثالی از رابطه دبی جریان با سرعت

برای این که موضوع را به خوبی یاد بگیرید به این مثال توجه کنید. شما لوله را با قطر ۵cm در نظر بگیرید و لوله را به مجرایی با قطر ۹cm متصل می کنیم. دبی جریان آب را برابر ۵ l/s در نظر بگیرید. حالا سرعت آب را در لوله و در مجرا به دست آورید. برای پاسخ می گوییم که زمانی که دبی جریان سیالی در مجرایی به سطح A یا شعاع r برابر با Q باشد در سرعت (v) از طریق فرمول زیر حل می شود.

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi r_1^2}$$

در این مسئله شما باید فرمول بالا را برای لوله و مجرا استفاده کنید و سرعت را به دست آورید. حواستان باشد که دبی جریان در هر دو مسیر با هم برابر است. بنابراین سرعت در مجرای بزرگتر برابر است با:

$$v = \frac{(0.500 \frac{L}{S})(\frac{10^{-3}m^3}{L})}{(3.14)(9.00 \times 10^{-3}m)^2}$$

حالا برای به دست آوردن سرعت لوله می توانید از دو روش استفاده کنید.
۱. روش اول این است که شما به صورت مستقیم از رابطه بالا استفاده کنید.

۲. روش دوم استفاده کردن از مفهوم ثابت بودن دبی است.
چون جریان تراکم ناپذیر است باید فرمول زیر را بین سرعت ها و مساحت ها بیان کرد:

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

در فرمول بالا منظور از اندیس های ۱ لوله و اندیس های ۲ مجرای بزرگتر است.

حالا طبق تساوی بالا v_2 را می توان با فرمول زیر به آسانی حل کرد.

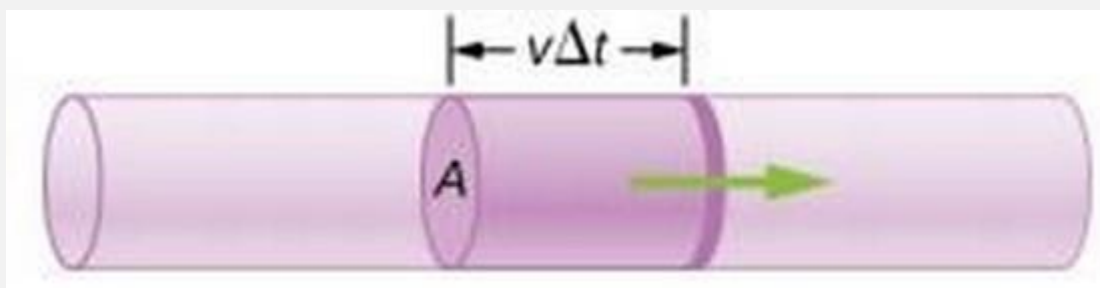
$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{r_1^2}{r_2^2} v_1$$

حالا اگر مقادیر عددی را در فرمول بالا قرار دهیم سرعت v_2 برابر است با:

$$v_2 = \frac{(0.900 \text{ cm})^2}{(0.250 \text{ cm})^2} \left(1.96 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 25.5 \text{ m/s}$$

پایستگی جرم

می توان برای به دست آوردن سرعت جریان سیال از نرخ جرمی جریان یا جریان جرمی استفاده کرد. به عبارت دیگر این مقدار برابر با مقدار جرمی از سیال است که در واحد زمان از نقطه ای مشخص عبور می کند. برای این که رابطه جریان جرمی را به دست آوریم یک بار دیگر مجرای همچون شکل زیر را در نظر بگیرید.



همان طور که از قبل می دانید مقدار جرم اشغال شده در حجم (V) برابر است با:

$$m = \rho V = \rho A x$$

در فرمول بالا P همان چگالی است که در این صورت مشتق زمانی جرم نشان دهنده دبی جرمی جریان است که مطابق با فرمول زیر به دست می آید:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d}{dt}(p^{AX}) = p^A \frac{dx}{dt} = p^{Av}$$

یکی از کمیت های مهم در دینامیک سیالات دبی جرمی جریان است که برای حل بسیاری از مسائل مکانیک سیالات از آن استفاده می شود. این نکته را به یاد داشته باشید که نسبت استفاده شده در مثال را می توان برای دبی جرمی جریان هم بیان کرد. در واقع با فرض تراکم ناپذیر بودن سیال در مجرا، فرمول زیر را می توان نوشت:

$$m = p^v = p^{AX}$$

با توجه به تراکم ناپذیر بودن جریان، چگالی ها هم با هم برابر هستند؛ بنابراین معادله بالا در آخر به صورت معادله پایین به دست می آید.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$